

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 138**

21 Número de solicitud: 201700441

51 Int. Cl.:

G06M 11/00 (2006.01)

G06T 3/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

29.03.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

21.11.2017

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (100.0%)
Pabellón de Gobierno, Avda. de los Castros s/n
39005 Santander (Cantabria) ES

72 Inventor/es:

CRUZ RODRIGUEZ, Marcos y
GONZALEZ VILLA, Javier

54 Título: **Método de estimación del número de partículas en un lugar determinado a partir de una imagen con perspectiva**

57 Resumen:

Método para la estimación del número de partículas de una población en un lugar determinado a partir de una imagen con perspectiva, que comprende las etapas de:

- obtener una imagen auxiliar sin perspectiva;
- identificar y acotar en la imagen auxiliar el lugar en el que se encuentran las partículas en la imagen con perspectiva;
- superponer de forma aleatoria una rejilla de ventanas de muestreo en la imagen auxiliar acotada;
- tomar una pluralidad de puntos de contorno en cada ventana de muestreo, y con ecuaciones de proyección trasladar cada uno de dichos puntos a la imagen con perspectiva;
- unir en la imagen con perspectiva los puntos trasladados del contorno de cada ventana y formar una nueva rejilla de ventanas de muestreo;
- contar manualmente en la imagen con perspectiva el número total Q de partículas capturadas por la rejilla proyectada de ventanas de muestreo.

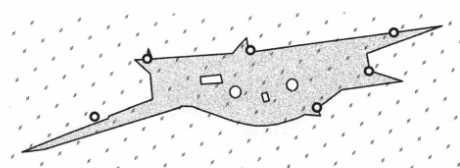


FIGURA 3

DESCRIPCIÓN

MÉTODO DE ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE PARTÍCULAS EN UN LUGAR DETERMINADO A PARTIR DE UNA IMÁGEN CON PERSPECTIVA

5

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención es un método para estimar el número de partículas (es decir personas, animales u objetos) de una población en un lugar concreto a partir de una imagen con perspectiva.

10

Puede aplicarse en los siguientes sectores:

- Periodismo, ciencias sociales y seguridad: estimación del número de personas en manifestaciones, eventos deportivos, conciertos, etc.
- Biología: estimación del tamaño de poblaciones de animales o árboles.
- 15 • Agricultura: estimación del número de árboles frutales o número de frutas o verduras.
- Geología: estimación del número de rocas de un determinado tipo.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

20

La inmensa mayoría de los métodos utilizados en la actualidad para estimar el número de partículas en un lugar determinado, se aplican al conteo de personas en manifestaciones, aunque de forma análoga es trivial aplicar estos métodos a cualquier otro sector.

25

Las estimaciones se realizan habitualmente utilizando el método de la densidad, que consiste en estimar el área de análisis en unidades de medida y la densidad media de partículas por unidad de medida. El número de partículas se obtiene multiplicando el área de análisis por la densidad. En muchas ocasiones, la estimación tanto del área de

análisis como de la densidad suele hacerse “in situ” y “a ojo”, confiando en la experiencia del usuario.

5 Por ejemplo, en el caso concreto de manifestaciones [*Jacobs, 1967, Watson R, Yip P. How many were there when it mattered? Significance. 2011; 8(3):104–107. doi: 10.1111/j.1740-9713.2011.00502.x.*], el usuario estima el área de manifestación en metros cuadrados y la densidad media de personas por metro cuadrado, recorriendo la manifestación o parte de ella. Finalmente, el número de personas se obtiene multiplicando el área por la densidad.

10

No obstante, la definición de área es ambigua ya que es difícil decidir dónde empieza y dónde acaba una manifestación móvil, y además en las calles hay espacios donde no puede haber partículas, cuyas áreas habría que restar. Además de esto, habría que asumir que la densidad es constante en toda el área considerada, y esto no es realista.

15

Por último, las estimaciones de densidad son con frecuencia realizadas “a ojo”. Todos estos inconvenientes presentan los siguientes problemas:

- Errores grandes
- Sesgo, error no predecible
- 20 • Conteo no replicable
- Resultado imposible de verificar

En ocasiones, para estimar el área y/o la densidad, el usuario se acompaña de imágenes fijas. En este caso, siempre y cuando todas las partículas sean distinguibles para el conteo, se pueden aplicar además los siguientes métodos: detección automática en imágenes fijas con visión por ordenador, conteo manual en imágenes fijas, y método descrito en Cruz et al. 2015. Sin embargo, como las imágenes aéreas suelen tener resolución insuficiente, dichas imágenes suelen ser terrestres y por tanto presentar grandes efectos de perspectiva, sobre todo en el caso de grandes aglomeraciones.

30

Por ejemplo, en el caso del conteo de personas en una manifestación, los programas de detección automática [V. Lempitsky and A. Zisserman, "Learning to count objects in images", in *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2010], [M. Rodriguez, I. Laptev, J. Sivic, and J. Y. Audibert, "Density-aware person detection and tracking in crowds", in *2011 International Conference on Computer Vision*, 2011, pp. 2423-2430], [H. Idrees, I. Saleemi, C. Seibert, and M. Shah, "Multi-source multi-scale counting in extremely dense crowd images", in *2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) IEEE*, 2013, pp. 2547-2554], [C. Zhang, H. Li, X. Wang, and X. Yang, "Cross-scene crowd counting via deep convolutional neural networks", in *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2015, pp. 833-84] funcionan razonablemente bien para pocas decenas de personas bien enfocadas y con iluminación homogénea, pero fallan estrepitosamente en imágenes de grandes aglomeraciones con miles de personas [S. Zhang, R. Benenson, M. Omran, J. Hosang, and B. Schiele, "How far are we from solving pedestrian detection?" in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2016. Pp. 1259-1267]. Además, presentan un sesgo dependiente de la imagen considerada y por tanto impredecible.

El conteo manual en imágenes es lento, tedioso y difícil de verificar, especialmente para grandes aglomeraciones de más de 10.000 partículas, por lo que sólo es una alternativa cuando el número de partículas es bajo.

Un método alternativo al método de la densidad, ha sido desarrollado por los inventores de la presente invención, [Cruz M, Gómez D, Cruz-Orive LM (2015) *Efficient and Unbiased Estimation of Population Size. PLoS ONE* 10(11): e0141868. doi:10.1371/journal.pone.0141868], y permite estimar el número de partículas en una imagen. El método se basa en el muestreo sistemático mediante una rejilla de ventanas aleatoria, superpuesta a la imagen. El único requisito es que todas las partículas sean distinguibles para el conteo. Contando manualmente entre 50 y 100 partículas capturadas por la rejilla de muestreo se obtiene una estimación con un error relativo entre el 5% y 10%.

Sin embargo todo lo expuesto en dicho artículo se refiere a la estimación del número de personas en una sola imagen de tamaño convencional (pocos Mb) y con un efecto de perspectiva pequeño. Para cubrir una gran aglomeración de más de 10.000 personas suele ser imposible captar a todas las personas en una imagen de tamaño normal, siendo preferentemente necesarias imágenes con tamaños de al menos 1 Gb (gigapixel). Estas imágenes suelen tener grandes efectos de perspectiva que pueden provocar un aumento del error relativo desde el 5%-10% presente en las imágenes normales hasta un 30%-40%.

RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un método para la estimación del número de partículas de una población en un lugar determinado a partir de una imagen con perspectiva, que comprende las etapas de:

- obtener una imagen auxiliar sin perspectiva o al menos con efecto de perspectiva menor al de la imagen con perspectiva, que contenga al menos dicho lugar determinado, y tal que en dicha imagen auxiliar se pueden hallar o se conozcan las ecuaciones de proyección, de forma que se pueda transformar cualquier punto P de la imagen auxiliar a un punto P' en la imagen con perspectiva;
- identificar y acotar en la imagen auxiliar el lugar en el que se encuentran las partículas en la imagen con perspectiva, obteniéndose así una imagen auxiliar acotada;
- superponer de forma aleatoria una rejilla de ventanas de muestreo en la imagen auxiliar acotada que la cubra totalmente, pudiendo estimar así el tamaño de la población completa;
- tomar una pluralidad de puntos de contorno en cada ventana de muestreo superpuesta en la imagen auxiliar acotada, y con ecuaciones de proyección trasladar cada uno de dichos puntos a la imagen con perspectiva, transformando cualquier

punto P de la imagen auxiliar acotada a un punto P' en la imagen con perspectiva, tal que cuantos más puntos se seleccionen mayor es la precisión alcanzada;

-unir en la imagen con perspectiva los puntos trasladados del contorno de cada ventana y formar una nueva rejilla de ventanas de muestreo (rejilla proyectada) con nuevas ventanas de muestreo (ventanas proyectadas), de tal forma que cuanto mayor sea el efecto de perspectiva en cada ventana, mayor será la deformación sufrida por cada ventana proyectada;

- contar manualmente en la imagen con perspectiva, utilizando una regla de conteo insesgada, el número total Q de partículas capturadas por la rejilla proyectada de ventanas de muestreo, tal que al contar únicamente en una fracción de muestreo de la imagen, el conteo manual es factible y rápido, siendo la estimación (\hat{N}) del número total de partículas:

$$\hat{N} = \frac{a}{a'} \cdot Q$$

donde:

a: área de la ventana de muestreo

a': área de la loseta fundamental, siendo la loseta fundamental un motivo mínimo o "baldosa" con la que puede teselarse todo el plano infinito que contiene la imagen auxiliar, tal que todo el plano infinito queda completamente cubierto por dichas losetas fundamentales colocadas en series paralelas y no superpuestas y tal que cada loseta fundamental contiene al menos una ventana de muestreo;

En una posible realización, la imagen con perspectiva es una fotografía.

En una posible realización, la imagen auxiliar va acompañada de datos de elevación sobre el nivel del mar.

En una posible realización, la rejilla de ventanas de muestreo presenta un ángulo de rotación tal que se evita que dicha rejilla tenga la misma orientación que las partículas, el número de ventanas no vacías de la rejilla de ventanas de muestreo superpuestas en la imagen auxiliar acotada está comprendido entre 20 y 50, las
5 ventanas de muestreo y las losetas son cuadradas, y el lado de cada ventana de muestreo es tal que el número de partículas por ventana está comprendido entre 1 y 5.

En una posible realización, ni el tipo de proyección utilizado en las imágenes con
10 perspectiva ni los parámetros de proyección son conocidos, por lo que es preciso estimarlos identificando tantos puntos de referencia como sea necesario para alcanzar la precisión deseada, tal que dichos puntos de referencia han de ser identificables tanto en la imagen con perspectiva como en la imagen auxiliar acotada, para poder plantear un sistema sobredeterminado y obtener una solución aproximada mediante
15 el método de mínimos cuadrados.

En una posible realización, la regla de conteo insesgada utilizada es la de la línea prohibida, tal que sólo se cuentan las partículas que tengan alguna porción dentro de la ventana de muestreo y que no toquen una línea prohibida que teóricamente se
20 extiende hasta el infinito.

Preferentemente, el método comprende además la etapa final de estimación del error. En una posible realización, la fórmula para el cálculo de la estimación del error, considerando ventana de muestreo cuadrada y loseta cuadrada es:

$$\begin{aligned} \text{var}_{\text{Cav}}(\hat{N}) &= \frac{1}{6} \cdot \frac{(1-\tau)^2}{\tau^4(2-\tau)} \cdot [3(C_0 - v_n) - 4C_1 + C_2] + \frac{v_n}{\tau^4} \\ C_k &= \sum_{j=1}^{n-k} Q_j Q_{j+k}, \quad k = 0, 1, 2. \\ v_n &= \frac{(1-\tau)^2}{3-2\tau} \cdot \sum_{i=1}^n (Q_{oi} - Q_{ei})^2 \end{aligned}$$

siendo:

$\tau = t/T \in (0, 1]$, fracción de muestreo lineal.

5 n : número de filas de ventanas de muestreo que abarcan la población completa, ($n > 2$).

n_i : número de ventanas de muestreo dentro de la fila número i , $i = 1, 2, \dots, n$.

q_{ij} : número de partículas capturadas por la ventana de muestreo j de la fila i , $j = 1, 2, \dots, n_i$.

10 Q_{oi} , Q_{ei} : número total de partículas capturadas por ventanas de muestreo impares y pares respectivamente dentro de la fila i .

$Q_i = \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij}$, número total de partículas muestreadas en la fila i . Nótese que $Q_i = Q_{oi} + Q_{ei}$.

$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$, número total de partículas muestreadas.

15

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

20 Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

La figura 1 muestra la imagen con perspectiva cilíndrica del ejemplo.

25 La figura 2 muestra la imagen auxiliar sin perspectiva del ejemplo.

La figura 3 muestra la rejilla de ventanas de muestreo del ejemplo sobre la imagen auxiliar acotada seleccionada.

La figura 4 muestra la rejilla de ventanas de muestreo proyectada sobre la imagen con perspectiva cilíndrica del ejemplo.

5 La figura 5 muestra tres ventanas de muestreo proyectadas y ampliadas del ejemplo, que contienen respectivamente 2, 2 y 3 puntos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

10 En este texto, el término “comprende” y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

15 Además, los términos “aproximadamente”, “sustancialmente”, “alrededor de”, “unos”, etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir con total exactitud.

20 Además, se entiende por partícula cualquier persona, animal u objeto que se desee contar en la imagen. En caso de no observarse completa, se considera como partícula al fragmento que se observe en la imagen (por ejemplo: cabezas, cuerpos enteros, ojos...).

25 Además, se entiende por población al conjunto de partículas cuyo número se desea estimar.

30 Además, se entiende por imagen con perspectiva, aquella imagen en la que al menos dos partículas presentan un tamaño relativo en la imagen diferente al real. En la actualidad, los efectos de perspectiva son especialmente importantes mayoritariamente en imágenes con tamaños de al menos 1 Gb (imágenes gigapixel), presentando una alta resolución de una población determinada y tomadas desde una

posición oblicua.

Además, se entiende por loseta fundamental, un motivo mínimo o “baldosa” con la que puede teselarse todo el plano infinito que contiene la imagen auxiliar, tal que todo el plano infinito queda completamente cubierto por dichas losetas fundamentales colocadas en series paralelas y no superpuestas (por ejemplo, se podría asimilar a las celdillas prismáticas de un panel) y tal que cada loseta fundamental contiene al menos una ventana de muestreo.

Además, se entiende por ventana de muestreo, una ventana contenida en la loseta fundamental en la que se realiza el conteo manual. Si el resultado del conteo en una ventana es cero, se considera que la ventana está “vacía”.

Además, se entiende por rejilla de ventanas de muestreo, el conjunto de ventanas de muestreo de todas las losetas fundamentales que cubren la imagen de estudio.

Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativas de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

A continuación se describe el método de estimación del número de partículas (es decir personas, animales u objetos) de una población en un lugar concreto a partir de una imagen con perspectiva. El requisito fundamental del método de la invención es que todas las partículas sean distinguibles para el conteo en las imágenes adquiridas.

El método de la invención requiere de una imagen con perspectiva, por ejemplo una fotografía, que muestre el lugar determinado donde se desee estimar el número de partículas, por ejemplo una avenida por donde circula una manifestación de personas.

A continuación, se debe obtener una imagen auxiliar (por ejemplo imagen o mapa Google) sin perspectiva o al menos con efecto de perspectiva menor al de la imagen con perspectiva, que contenga al menos dicho lugar determinado. Opcionalmente dicha imagen auxiliar va acompañada de datos de elevación sobre el nivel del mar.

5 En caso de no disponer de los mismos se puede suponer que la elevación sobre el nivel del mar es la misma para todos los puntos del lugar determinado. La imagen auxiliar ha de elegirse de forma que puedan hallarse las ecuaciones de proyección, es decir de forma que se pueda transformar cualquier punto P de la imagen auxiliar a un punto P' en la imagen con perspectiva.

10

A continuación, el lugar en el que se encuentran las partículas en la imagen con perspectiva, debe identificarse y acotarse en la imagen auxiliar para, posteriormente, superponer una rejilla de ventanas de muestreo en dicha imagen auxiliar acotada que la cubra totalmente, pudiendo estimar así el tamaño de la población completa. Es

15 decir, la rejilla de ventanas de muestreo se superpone de forma aleatoria en la imagen auxiliar acotada, existiendo una serie de parámetros que determinan la rejilla y que el usuario del método debe seleccionarlos a su conveniencia:

20 ◦ Ángulo de rotación θ : Ángulo de rotación de la rejilla respecto al eje horizontal. El ángulo de rotación es fijo y arbitrario. Un experto en la materia entenderá que para disminuir la varianza, es recomendable evitar que la rejilla tenga la misma orientación que las partículas en caso de que éstas estén alineadas, como por ejemplo filas de espectadores.

25 ◦ Distancias entre los centros de dos ventanas de muestreo consecutivas: Para maximizar la eficiencia dichas distancias deben elegirse de forma que el número de ventanas no vacías superpuestas en la imagen auxiliar acotada esté comprendida preferentemente entre 20 y 50, tal que se espere un error relativo comprendido entre 5% y 10%. Estas recomendaciones han sido analizadas por los inventores de la presente invención y plasmadas en el

30 documento Cruz et al. 2015 descrito en el estado de la técnica. Eligiendo un número de ventanas de muestreo vacías inferior a 20 se incrementa el error

relativo, mientras que un número de ventanas mayor a 50 conlleva que el conteo manual sea muy tedioso, aunque es factible realizarlo si se requiere una precisión mayor.

Preferentemente, las ventanas de muestreo son cuadradas, siendo por tanto necesario seleccionar una única distancia T entre los centros de dos ventanas de muestreo consecutivas. Por ejemplo, en el caso de ventanas de muestreo y losetas cuadradas, la distancia T se calcula:

$$T = \sqrt{\frac{L_x L_y}{k}} \quad [1]$$

siendo L_x la anchura y L_y la altura en píxeles de la imagen auxiliar acotada, y k el número de ventanas que se deseen obtener, de las cuales no debería haber más de 20 vacías para cumplir la recomendación comentada anteriormente.

◦ Longitudes de los lados de la ventana: Longitud de cada lado (en píxeles) de la ventana de muestreo (t en el caso de ventanas cuadradas). Para maximizar la eficiencia debe elegirse de forma que el número de partículas por ventana oscile aproximadamente entre 1 y 5, según las recomendaciones de los inventores en el documento Cruz et al. 2015. De esta forma, al multiplicar por el número de ventanas no vacías, se contarán entre 50 y 150 partículas en total, obteniendo un error esperado relativo comprendido entre 5% y 10%. Un experto en la materia entenderá que si el número de partículas por ventana de muestreo es mayor, el conteo sería largo y tedioso, pudiendo sin embargo reducirse el error relativo. Lo contrario ocurre si el número de partículas es menor de lo recomendado.

A continuación, el método de la invención toma una pluralidad de puntos de contorno en cada ventana de muestreo superpuesta en la imagen auxiliar acotada, y con ecuaciones de proyección traslada cada uno de dichos puntos a la imagen con perspectiva. A continuación, en la imagen con perspectiva une los puntos trasladados del contorno de cada ventana y forma una nueva rejilla de ventanas de muestreo

(rejilla proyectada) con nuevas ventanas de muestreo (ventanas proyectadas), de tal forma que cuanto mayor sea el efecto de perspectiva en cada ventana, mayor será la deformación sufrida por cada ventana proyectada. Por tanto, un experto en la materia entenderá que en la imagen con perspectiva, las ventanas proyectadas del fondo
 5 aparecerán más pequeñas que las ventanas proyectadas más cercanas a la cámara.

Las imágenes con perspectiva pueden utilizar distintos tipos de proyecciones como por ejemplo la lineal, esférica o cilíndrica. El tipo de proyección ha de ser conocido, e idealmente los parámetros de proyección también, de modo que se pueda
 10 transformar cualquier punto P de la imagen auxiliar acotada a un punto P' en la imagen con perspectiva. En el caso de no conocerse los parámetros de proyección hay que estimarlos por ejemplo identificando tantos puntos de referencia como sea necesario para alcanzar la precisión deseada. Dichos puntos de referencia han de ser identificables tanto en la imagen con perspectiva como en la imagen auxiliar acotada,
 15 para poder plantear un sistema sobredeterminado y obtener una solución aproximada mediante el método de mínimos cuadrados.

Como se ha comentado anteriormente, una vez conocidas las ecuaciones y parámetros necesarios para transformar P en P' , se seleccionan tantos puntos por
 20 ventana de muestreo como se desee para alcanzar la precisión deseada, y se proyectan a la imagen con perspectiva para formar la rejilla proyectada uniéndolos mediante segmentos rectilíneos. Hay que tener en cuenta que algunas proyecciones como la esférica, no preserva las líneas rectas por lo que hay que asegurarse de tomar un número de puntos suficientemente alto para después unirlos mediante segmentos.
 25 Alternativamente pueden utilizarse menos puntos y dibujar las ventanas proyectadas con las ecuaciones analíticas que se obtengan de proyectar segmentos rectilíneos.

La proyección de la rejilla de ventanas de muestreo sobre la imagen con perspectiva, utilizando las correspondientes ecuaciones de proyección, permite realizar un conteo
 30 de partículas de forma ordinaria pero habiendo tenido en cuenta el efecto de perspectiva, gracias a la transformación sufrida por cada ventana de muestreo. Es

decir, a continuación el método de la invención procede al conteo manual en la imagen con perspectiva, del número total Q de partículas capturadas por la rejilla proyectada de ventanas de muestreo. Al contar únicamente en una fracción de muestreo de la imagen, el conteo manual es factible y rápido. La estimación (\hat{N}) del número total de partículas es:

$$\hat{N} = \frac{a}{a'} \cdot Q \quad [2]$$

siendo:

a : área de la ventana de muestreo

a' : área de la loseta fundamental

Para el conteo se utiliza una regla de conteo inesgada. Existen varias reglas de conteo inesgadas que evitan el doble conteo. Por ejemplo, la más común es la de la línea prohibida: han de contarse sólo las partículas que tengan alguna porción dentro de la ventana de muestreo y que no toquen una línea prohibida que teóricamente se extiende hasta el infinito [[Gundersen HJG. "Notes on the estimation of the numerical density of arbitrary profiles: the edge effect". *J Microsc.* 1977;111(2):2019-223. Doi:10.1111/j.1365-2818.1977.tb00062.x]].

Obviamente a mayor fracción de muestreo, se obtiene mayor precisión pero disminuye la eficiencia, ya que requiere mayor tiempo para el conteo manual.

Un experto en la materia entenderá que al ser aleatoria la superimposición de la rejilla sobre la imagen, cada vez que se utilice el método de la invención se obtendrá una estimación diferente, aunque al ser inesgado, la media de infinitas medidas es el valor correcto.

Por último, y preferentemente, se calcula la estimación del error. Por ejemplo, una fórmula para el cálculo de la estimación del error, considerando ventana de muestreo cuadrada y loseta cuadrada es:

$$\text{var}_{\text{Cav}}(\hat{N}) = \frac{1}{6} \cdot \frac{(1-\tau)^2}{\tau^4(2-\tau)} \cdot [3(C_0 - v_n) - 4C_1 + C_2] + \frac{v_n}{\tau^4} \quad [3]$$

$$C_k = \sum_{j=1}^{n-k} Q_j Q_{j+k}, \quad k = 0, 1, 2. \quad [4]$$

$$v_n = \frac{(1-\tau)^2}{3-2\tau} \cdot \sum_{i=1}^n (Q_{oi} - Q_{ei})^2 \quad [5]$$

siendo:

10

$\tau = t/T \in (0, 1]$, fracción de muestreo lineal.

n : número de filas de ventanas de muestreo que abarcan la población completa, ($n > 2$).

n_i : número de ventanas de muestreo dentro de la fila número i , $i = 1, 2, \dots, n$.

15

q_{ij} : número de partículas capturadas por la ventana de muestreo j de la fila i , $j = 1, 2, \dots, n_i$.

Q_{oi} , Q_{ei} : número total de partículas capturadas por ventanas de muestreo impares y pares respectivamente dentro de la fila i .

$Q_i = \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij}$, número total de partículas muestreadas en la fila i . Nótese que $Q_i =$

20

$Q_{oi} + Q_{ei}$.

$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$, número total de partículas muestreadas.

Ejemplo

25

A continuación se muestra un ejemplo concreto de realización de la invención y los resultados obtenidos.

1) Se parte de una imagen con perspectiva cilíndrica (Figura 1) en la que se desea

estimar el número de partículas. Esta imagen es una simulación de la imagen gigapixel http://lab.elespanol.com/estaticos/gigapan_sol/ tomada en la plaza de la Puerta del Sol en Madrid. La perspectiva cilíndrica es la más utilizada en fotografías gigapixel ya que permite un ángulo de visión mayor que 180° y preserva las líneas rectas verticales (las demás se convertirían en curvas). La posición de la cámara está anotada en la Tabla 1. Cada punto negro (A) de la imagen con perspectiva simula la posición de una persona en la fotografía. Se han simulado un total de 20000 puntos (nótese que en una imagen real el número total de personas es desconocido y es precisamente lo que quiere estimarse). Se representa además con un círculo con centro blanco 6 puntos de referencia (B) que son fácilmente identificables en un mapa, ya que son esquinas de edificios. Estos puntos de referencia sirven para estimar los parámetros de proyección. El número de puntos de referencia varía según la imagen y la perspectiva. En este ejemplo 6 son suficientes.

2) A continuación se obtiene una imagen auxiliar sin perspectiva, que en este caso es un mapa (Figura 2) que contiene el lugar de la plaza de la Puerta de Sol que aparece en la imagen con perspectiva, y se identifica el lugar donde se encuentran las partículas (marcado en la figura 2 con un polígono blanco). No es necesario definir el polígono de forma precisa, sino que basta con elegir un rectángulo suficientemente grande como para asegurar que todas las partículas observadas en la Figura 1 estén contenidas (imagen auxiliar acotada). El triángulo blanco de la Figura 2 marca la posición de la cámara. Se representa nuevamente con círculos blancos los 6 puntos de referencia que se identificaron en la Figura 1. Los datos de elevación sobre el nivel del mar pueden obtenerse conociendo las coordenadas de longitud y latitud de un punto, utilizando por ejemplo la herramienta Google Earth Pro.

3) A continuación, se superpone la rejilla de ventanas de muestreo en la imagen auxiliar acotada, correspondiendo en este ejemplo dicha imagen auxiliar acotada con el polígono. La rejilla de ventanas de muestreo debe cubrir totalmente la imagen auxiliar acotada, pudiendo estimar así el tamaño de la población completa. Es decir, la rejilla de ventanas de muestreo se superpone de forma aleatoria en la imagen auxiliar acotada, y se seleccionan como parámetros de la rejilla:

-lado de la ventana de muestreo $t = 1.5$ metros, de forma que las ventanas de muestreo contengan a lo sumo unas 9 personas en zonas de alta densidad en las que haya 4 personas por metro cuadrado;

-para elegir la separación entre ventanas T , se considera que las dimensiones de la plaza son aproximadamente 150 por 500 m y que por tanto, aplicando la ecuación 1, se obtiene aproximadamente $T = 27$ m. Para mayor precisión se redondea por defecto y se fija $T = 20$ m.

-para evitar que la rejilla esté alineada con los edificios que marcan el borde de la plaza, se selecciona una rotación de la rejilla de 60° . En la Figura 3 se muestra la rejilla superpuesta de forma aleatoria sobre el polígono marcado en la Figura 2 (imagen auxiliar acotada). Lo único que se necesita conservar para el siguiente paso son las posiciones de los vértices de las ventanas de muestreo.

4) A continuación se proyecta la rejilla desde la imagen auxiliar acotada a la imagen con perspectiva. En el caso de que los parámetros y ecuaciones de transformación no sean conocidos, en primer lugar hay que obtener unas ecuaciones de transformación de un punto P con coordenadas reales (x,y,z) en metros de la imagen auxiliar (por ejemplo el vértice de una ventana de muestreo) a otro punto P' con coordenadas x_1 y x_2 en píxeles en la imagen auxiliar acotada. Se seleccionan los ejes x e y sobre el plano horizontal que forma el suelo, un eje z vertical y el origen O , en la posición de la cámara. Los ejes x_1 y x_2 siguen la convención de análisis de imagen con el eje x_1 creciente de izquierda a derecha, el eje x_2 creciente hacia abajo y el origen en el vértice superior izquierdo de la imagen. Se considera ahora un cilindro de radio $r > 0$ y centro con eje de simetría el eje z . La proyección cilíndrica equivale a proyectar el punto P con coordenadas cilíndricas $P = (\rho, \phi, z)$ mediante un rayo que emana de O a un punto en el cilindro $P' = (r, \phi, z')$. Es fácil ver que:

$$\begin{aligned}\rho &= \sqrt{x^2 + y^2} \\ \phi &= \text{atan2}(\pm y, \pm x) \\ z' &= \pm \frac{r}{\rho} z.\end{aligned}$$

En las dos últimas ecuaciones se selecciona el signo negativo para que la imagen tenga la orientación deseada.

5

Desenrollando el cilindro, se pasa de tres a dos dimensiones, y el punto P' se transforma en el punto $P_{cyl} = (x_{cyl}, z_{cyl})$ de modo que:

$$\begin{aligned}x_{cyl} &= r\phi \\ z_{cyl} &= -\frac{r}{\rho} z.\end{aligned}$$

10

Como el origen es arbitrario, se suma un desplazamiento $\Delta = (\Delta_1, \Delta_2)$ para obtener las coordenadas del punto en la imagen, $P_{photo} = P_{cyl} + \Delta$ de forma que las coordenadas finales de P_{photo} valen:

$$\begin{aligned}x_1 &= r\phi + \Delta_1 \\ x_2 &= -\frac{r}{\rho} z + \Delta_2.\end{aligned}$$

15

Por tanto es necesario estimar 3 parámetros que se pueden agrupar en un vector $\theta = (\Delta_1, \Delta_2, r)$

Para estimar los parámetros de proyección, se necesitan varios puntos de referencia cuyas coordenadas se puedan identificar tanto en la imagen auxiliar sin perspectiva $P = (x, y, z)$ como en la imagen con perspectiva $P = (x_1, x_2)$.

20

En este ejemplo, basta con los 6 puntos de referencia marcados en las respectivas imágenes y cuyas coordenadas figuran en la siguiente tabla:

Número	Longitud x(grados °)	Latitud y(grados°)	Elevación z (m)	Coordenada x1 (Pixels)	Coordenada x2 (Pixels)
Cámara	-3.702702	40.417105	670.96	-	-
1	-3.702243	40.416656	649.47	16280	6250
2	-3.703388	40.416607	648.32	37420	5740
3	-3.704986	40.416462	646.51	43220	3360
4	-3.704697	40.416781	645.75	45290	3870
5	-3.704121	40.417091	647.28	48180	4440
6	-3.701658	40.417159	651.70	2490	4430

Tabla 1: Puntos de referencia utilizados para ajustar los parámetros de proyección.

Las coordenadas en longitud y latitud son fácilmente obtenibles de un mapa y pueden ser transformadas a coordenadas (x, y, z) en metros, tomando un origen arbitrario y usando herramientas como por ejemplo Python Geocoding Toolbox o los datos de elevación de Google Earth Pro.

Con las ecuaciones anteriores, puede obtenerse un sistema sobredeterminado:

$$\begin{aligned} \operatorname{atan2}(-y, -x)r + \Delta_1 &= x_1 \\ \frac{-z}{\sqrt{x^2 + y^2}}r + \Delta_2 &= x_2 \end{aligned}$$

que puede escribirse en ecuación matricial como $A\theta = b$, siendo A la matriz de coeficientes y b el vector de términos independientes. Sustituyendo los valores de x, y, z, x1, x2 de la Tabla 1 en la ecuación matricial, se puede estimar el vector $\theta = (\Lambda_1, \Lambda_2, r)$, por mínimos cuadrados resolviendo $\min \|A\theta - b\|$ mediante las ecuaciones normales $\theta = (A'A)^{-1}A'b$, siempre que exista $(A'A)^{-1}$. Resolviendo se obtienen los siguientes valores:

$$\begin{aligned} r &= 1428.6m \\ \Delta_1 &= 2584.6pixels \\ \Delta_2 &= 158.9pixels. \end{aligned}$$

Una vez conocidos los parámetros y las ecuaciones de proyección, se proyectan las

ventanas de muestreo de la imagen auxiliar acotada a la imagen con perspectiva. En este caso concreto, se comprueba mediante simulaciones, que se obtiene suficiente precisión con aproximar cada ventana de muestreo proyectada con el cuadrilátero resultante de unir los 4 vértices proyectados. La figura 4 muestra la rejilla de

5 ventanas de muestreo proyectada sobre la imagen con perspectiva cilíndrica. Dado que la proyección cilíndrica solo preserva líneas rectas verticales, en general no basta con tomar los cuatro vértices de cada ventana y proyectarlos. Para total exactitud habría que hallar las ecuaciones de las curvas resultantes de proyectar los segmentos rectos que componen cada ventana de muestreo, o bien proyectar un número

10 suficientemente grande de puntos en cada segmento para después unirlos formando la ventana proyectada.

5) Tras proyectar la rejilla se procede al conteo manual de puntos contenidos en cada ventana proyectada. En la Figura 5, se amplían tres ventanas de muestreo

15 proyectadas que contienen respectivamente 2, 2 y 3 puntos. En total sumando todos los puntos capturados por la rejilla, se obtiene $Q = 143$, por lo que aplicando la fórmula [2]:

$$\begin{aligned}\hat{N} &= \frac{a}{a'} \cdot Q \\ &= \frac{20^2}{1.5^2} \cdot 143 \\ &\approx 25422\end{aligned}$$

20 Anotando además las cuentas individuales de cada ventana se puede aplicar la fórmula (3), obteniendo $var_{cav}(\hat{N}) = 2526529$ que equivale a una desviación típica estimada de aproximadamente 1590, o lo que es lo mismo un error estándar relativo estimado de aproximadamente 6%.

REIVINDICACIONES

1. Método para la estimación del número de partículas de una población en un lugar determinado a partir de una imagen con perspectiva, que comprende las etapas de:

5

- obtener una imagen auxiliar sin perspectiva o al menos con efecto de perspectiva menor al de la imagen con perspectiva, que contenga al menos dicho lugar determinado, y tal que en dicha imagen auxiliar se pueden hallar o se conozcan las ecuaciones de proyección, de forma que se pueda transformar cualquier punto P de la imagen auxiliar a un punto P' en la imagen con perspectiva;

10

- identificar y acotar en la imagen auxiliar el lugar en el que se encuentran las partículas en la imagen con perspectiva, obteniéndose así una imagen auxiliar acotada;

15

- superponer de forma aleatoria una rejilla de ventanas de muestreo en la imagen auxiliar acotada que la cubra totalmente, pudiendo estimar así el tamaño de la población completa;

20

- tomar una pluralidad de puntos de contorno en cada ventana de muestreo superpuesta en la imagen auxiliar acotada, y con ecuaciones de proyección trasladar cada uno de dichos puntos a la imagen con perspectiva, transformando cualquier punto P de la imagen auxiliar acotada a un punto P' en la imagen con perspectiva, tal que cuantos más puntos se seleccionen mayor es la precisión alcanzada;

25

- unir en la imagen con perspectiva los puntos trasladados del contorno de cada ventana y formar una nueva rejilla de ventanas de muestreo (rejilla proyectada) con nuevas ventanas de muestreo (ventanas proyectadas), de tal forma que cuanto mayor sea el efecto de perspectiva en cada ventana, mayor será la deformación sufrida por cada ventana proyectada;

30

- contar manualmente en la imagen con perspectiva, utilizando una regla de conteo insesgada, el número total Q de partículas capturadas por la rejilla proyectada de ventanas de muestreo, tal que al contar únicamente en una fracción de muestreo de la imagen, el conteo manual es factible y rápido, siendo la estimación (\hat{N}) del número total de partículas:

$$\hat{N} = \frac{a}{a'} \cdot Q$$

donde:

- 5 a: área de la ventana de muestreo
- a': área de la loseta fundamental, siendo la loseta fundamental un motivo mínimo o "baldosa" con la que puede teselarse todo el plano infinito que contiene la imagen auxiliar, tal que todo el plano infinito queda completamente cubierto por dichas losetas fundamentales colocadas en series paralelas y no superpuestas y tal que cada
- 10 loseta fundamental contiene al menos una ventana de muestreo;
2. El método de la reivindicación 1, donde la imagen con perspectiva es una fotografía.
- 15 3. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicha imagen auxiliar va acompañada de datos de elevación sobre el nivel del mar.
4. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la rejilla de ventanas de muestreo presenta un ángulo de rotación tal que se evite que dicha rejilla
- 20 tenga la misma orientación que las partículas, donde el número de ventanas no vacías de la rejilla de ventanas de muestreo superpuestas en la imagen auxiliar acotada está comprendido entre 20 y 50, donde las ventanas de muestreo y las losetas son cuadradas, y donde el lado de cada ventana de muestreo es tal que el número de partículas por ventana está comprendido entre 1 y 5.
- 25 5. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde ni el tipo de proyección utilizado en las imágenes con perspectiva ni los parámetros de proyección son conocidos, y ambos se estiman identificando tantos puntos de referencia como sea necesario para alcanzar la precisión deseada, tal que dichos
- 30 puntos de referencia han de ser identificables tanto en la imagen con perspectiva

como en la imagen auxiliar acotada, para poder plantear un sistema sobredeterminado y obtener una solución aproximada mediante el método de mínimos cuadrados.

5 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la regla de conteo insesgada utilizada es la de la línea prohibida, tal que sólo se cuentan las partículas que tengan alguna porción dentro de la ventana de muestreo y que no toquen una línea prohibida que teóricamente se extiende hasta el infinito.

10 7. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa final de estimación del error.

15 8. El método de la reivindicación anterior, donde la fórmula para el cálculo de la estimación del error, considerando ventana de muestreo cuadrada y loseta cuadrada es:

$$\text{var}_{\text{Cav}}(\hat{N}) = \frac{1}{6} \cdot \frac{(1-\tau)^2}{\tau^4(2-\tau)} \cdot [3(C_0 - v_n) - 4C_1 + C_2] + \frac{v_n}{\tau^4}$$

$$C_k = \sum_{j=1}^{n-k} Q_j Q_{j+k}, \quad k = 0, 1, 2.$$

20
$$v_n = \frac{(1-\tau)^2}{3-2\tau} \cdot \sum_{i=1}^n (Q_{oi} - Q_{ei})^2$$

siendo:

$\tau = t/T \in (0, 1]$, fracción de muestreo lineal.

25 n : número de filas de ventanas de muestreo que abarcan la población completa, ($n > 2$).

n_i : número de ventanas de muestreo dentro de la fila número i , $i = 1, 2, \dots, n$.

q_{ij} : número de partículas capturadas por la ventana de muestreo j de la fila i , $j = 1, 2, \dots, n_i$.

Q_{oi} , Q_{ei} : número total de partículas capturadas por ventanas de muestreo impares y pares respectivamente dentro de la fila i .

$Q_i = \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij}$, número total de partículas muestreadas en la fila i . Nótese que $Q_i =$

$Q_{oi} + Q_{ei}$.

5 $Q = \sum_{i=1}^n Q_i$, número total de partículas muestreadas.

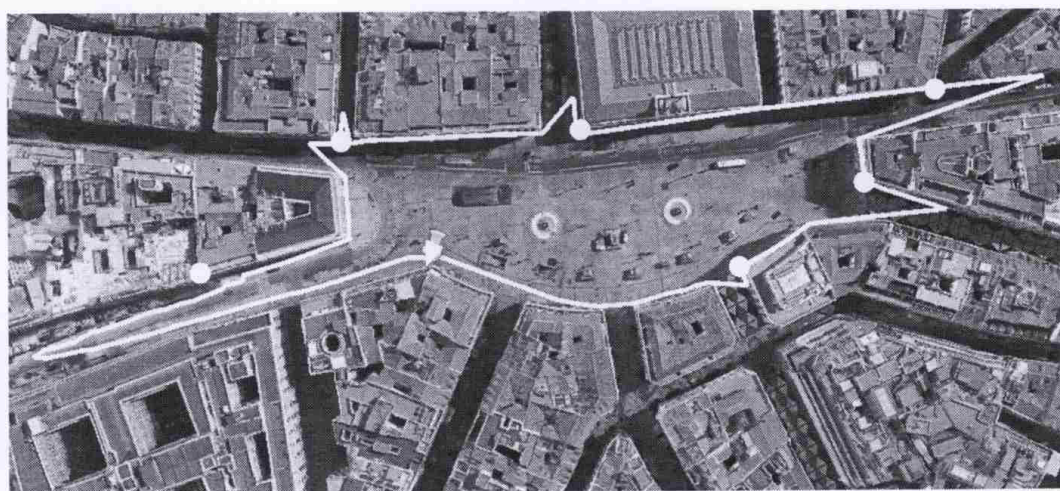
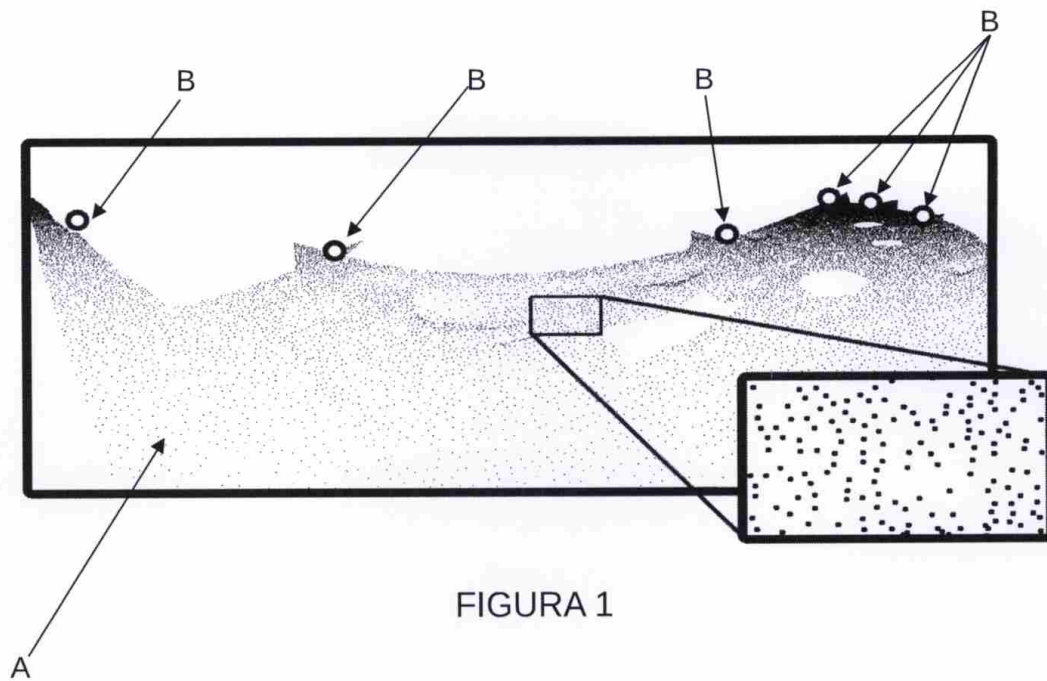


FIGURA 2

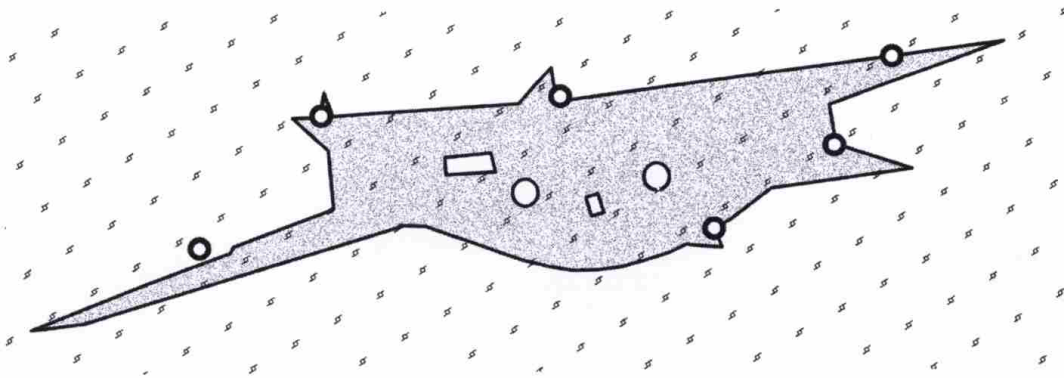


FIGURA 3

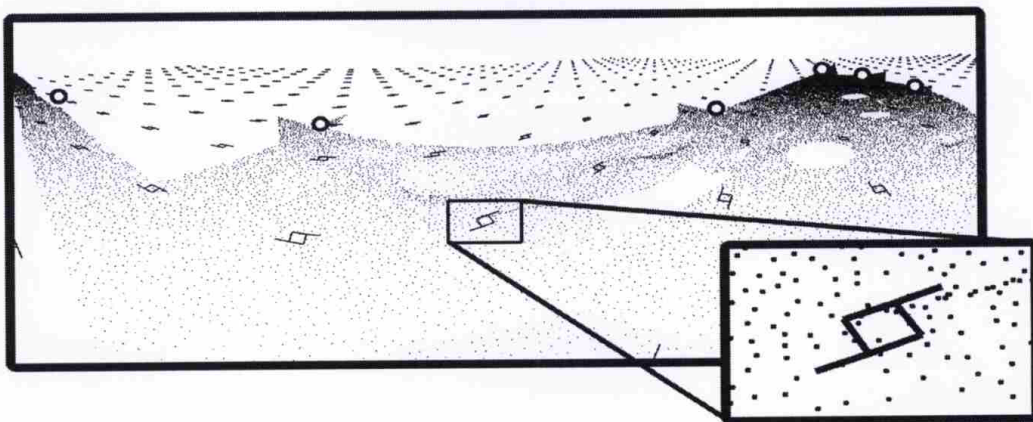


FIGURA 4

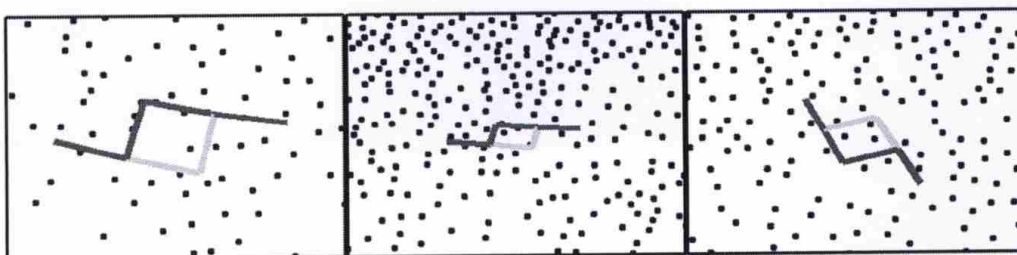


FIGURA 5



- ②① N.º solicitud: 201700441
②② Fecha de presentación de la solicitud: 29.03.2017
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G06M11/00** (2006.01)
G06T3/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	CRUZ, Marcos; GÓMEZ, Domingo; CRUZ-ORIVE, Luis M. EFFICIENT AND UNBIASED ESTIMATION OF POPULATION SIZE. PloS one, 04/11/2015, Vol. 10, Nº 11 [en línea] [Recuperado el 06/11/2015]. Recuperado de Internet <URL: http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0141868 >, <DOI: doi:10.1371/journal.pone.0141868>. páginas 1 - 6; páginas 11 - 14;	1-8
Y	EP 2093698 A1 (BRITISH TELECOMM) 26/08/2009, Párrafo [1]; párrafos [4 - 5]; párrafos [8 - 9]; párrafos [12 - 16]; párrafo [22]; párrafo [24]; párrafo [33]; Párrafos [35 - 39]; párrafos [48 - 49]; párrafo [98]; figuras 1 - 7. figura 9,	1-8
A	KONG, D.; GRAY, D.; TAO, H. COUNTING PEDESTRIANS IN CROWDS USING VIEWPOINT INVARIANT TRAINING. Proceedings of the British Machine Conference, 08/09/2005, Páginas 63-1-63.10 [en línea][recuperado el 06/11/2017]. Recuperado de Internet <URL: http://www.robots.ox.ac.uk/~phst/BMVC2005/papers/123/BMVC2005_final.pdf > <ISBN: 1-901725-29-4>, <DOI: 10.5244/C.19.63>. página 4	2, 5

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
08.11.2017

Examinador
J. M. Vazquez Burgos

Página
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G06M, G06T

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INTERNET

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 08.11.2017

Declaración**Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**

Reivindicaciones 1-8
Reivindicaciones

SI
NO

Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)

Reivindicaciones
Reivindicaciones 1-8

SI
NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	CRUZ, Marcos; GÓMEZ, Domingo; CRUZ-ORIVE, Luis M. EFFICIENT AND UNBIASED ESTIMATION OF POPULATION SIZE. PloS one, Vol. 10, Nº 11 [en línea][recuperado el 06/11/2015]. Recuperado de Internet <URL: http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0141868 >, <DOI: doi:10.1371/journal.pone.0141868>	04.11.2015
D02	EP 2093698 A1 (BRITISH TELECOMM)	26.08.2009
D03	KONG, D.; GRAY, D.; TAO, H. COUNTING PEDESTRIANS IN CROWDS USING VIEWPOINT INVARIANT TRAINING. Proceedings of the British Machine Conference, Páginas 63-1-63.10 [en línea][recuperado el 06/11/2017]. Recuperado de Internet <URL: http://www.robots.ox.ac.uk/~phst/BMVC2005/papers/123/BMVC2005_final.pdf >, ISSN 1-901725-29-4, <DOI: 10.5244/C.19.63>	08.09.2005

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento del estado de la técnica más próximo a la invención es D01 y divulga un método para la estimación de partículas de una población a partir de una imagen. Este documento incorpora por referencia (párrafo 4) al documento D03.

Reivindicación 1

Para una mayor claridad en la ilustración de las posibles diferencias entre la invención reivindicada en 1 y el documento D01 del estado de la técnica más próximo, se reproduce a continuación el texto de dicha reivindicación, desprovisto, si las tuviera, de sus referencias originales, e insertando en él donde proceda las del documento D01. Asimismo, aquellas partes del texto que pudieran no estar comprendidas en D01 se señalarían entre corchetes y en negrita.

Método para la estimación del número de partículas de una población en un lugar determinado a partir de una imagen con perspectiva, que comprende las etapas de:

- **[obtener una imagen auxiliar sin perspectiva o al menos con efecto de perspectiva menor al de la imagen con perspectiva, que contenga al menos dicho lugar determinado, y tal que en dicha imagen auxiliar se pueden hallar o se conozcan las ecuaciones de proyección, de forma que se pueda transformar cualquier punto P de la imagen auxiliar a un punto P' en la imagen con perspectiva;**
- **identificar y acotar en la imagen auxiliar el lugar en el que se encuentran las partículas en la imagen con perspectiva, obteniéndose así una imagen auxiliar acotada;**
- **superponer de forma aleatoria una rejilla de ventanas de muestreo en la imagen auxiliar acotada que la cubra totalmente, pudiendo estimar así el tamaño de la población completa;**
- **tomar una pluralidad de puntos de contorno en cada ventana de muestreo superpuesta en la imagen auxiliar acotada, y con ecuaciones de proyección trasladar cada uno de dichos puntos a la imagen con perspectiva, transformando cualquier punto P de la imagen auxiliar acotada a un punto P' en la imagen con perspectiva, tal que cuantos más puntos se seleccionen mayor es la precisión alcanzada;**
- **unir en la imagen con perspectiva los puntos trasladados del contorno de cada ventana y] formar una [nueva] rejilla de ventanas de muestreo (páginas 2-4; figura 1) [(rejilla proyectada) con nuevas ventanas de muestreo (ventanas proyectadas), de tal forma que cuanto mayor sea el efecto de perspectiva en cada ventana, mayor será la deformación sufrida por cada ventana proyectada];**
- **contar manualmente en la imagen con perspectiva, utilizando una regla de conteo insesgada, el número total Q de partículas capturadas por la rejilla [proyectada] de ventanas de muestreo, tal que al contar únicamente en una fracción de muestreo de la imagen, el conteo manual es factible y rápido, siendo la estimación (N) del número total de partículas:**

$$\hat{N} = \frac{a}{a'} Q$$

donde:

a: área de la ventana de muestreo

a': área de la loseta fundamental, siendo la loseta fundamental un motivo mínimo o "baldosa" con la que puede teselarse todo el plano infinito que contiene la imagen auxiliar, tal que todo el plano infinito queda completamente cubierto por dichas losetas fundamentales colocadas en series paralelas y no superpuestas y tal que cada loseta fundamental contiene al menos una ventana de muestreo (páginas 2-4; figura 1);

La diferencia entre la invención reivindicada en 1 y el documento D01 del estado de la técnica más próximo es que D01 no contempla el conteo sobre la base de una ventana de muestreo derivada de una imagen de menor perspectiva. El efecto técnico que ello tiene es el de un mayor error en la estimación por causa de los errores inducidos por la no consideración de los efectos de la perspectiva en la imagen que incluye a las partículas a contar (ya que la forma y el área de la ventana es la misma en todas las zonas de la imagen, si bien la densidad de partículas puede variar de una a otra no solo por la propia distribución de las partículas, sino por el efecto de la perspectiva). Por tanto el problema técnico objetivo a resolver consistirá en modificar el método propuesto en D01 para poder adaptar la forma regular de las regiones de interés en que se descomponga la zona de conteo, a la perspectiva de la imagen de dicha zona utilizada para el conteo, con el fin de minimizar los errores derivados de aquella.

El documento D02 presenta un método para la detección de la acumulación de personas en ciertos espacios (párrafo 1), mediante el procesamiento de imágenes tomadas por cámaras de vídeo, en el que dichas imágenes se descomponen en una serie de regiones de interés, descompuestas a su vez en sub-regiones, cuyo contenido se analiza para decidir si dentro de ellas hay personas o no (región congestionada), de forma que en función del número de ellas con resultado positivo, el sistema decide si en el área de análisis hay congestión de personas o no (párrafo 8). Las ventanas se definen sobre un plano de referencia (*ground plane*), de forma que posteriormente se trasladan a la imagen (*image plane*) mediante una homografía que las distorsiona conforme al efecto de la perspectiva (párrafos 22, 24, 33, 35-37). Esto se hace así con el fin de evitar los efectos que tendría un conteo basado en ventanas definidas sobre el plano de la imagen, en cuanto a errores introducidos por la perspectiva (párrafo 5).

A la vista de lo anterior, a través de D01, un experto en la materia dispondría de un método de conteo de partículas por ventanas como el descrito parcialmente en las dos últimas viñetas de la reivindicación. Y, conforme las enseñanzas de D02, también de un método para definir zonas de interés o ventanas para el análisis de elementos presentes en imágenes con perspectiva, distorsionadas acorde con dicha perspectiva, mediante una derivación procedente de otras imágenes cuya perspectiva está más adaptada a la forma regular de las zonas de interés. A la vista de todo ello, dicho experto no requeriría de actividad inventiva para resolver el problema técnico objetivo planteado, de manera que combinaría el documento D01 con las características relevantes de D02, al objeto de obtener las características reivindicadas con una expectativa razonable de éxito.

En consecuencia, de las consideraciones anteriores cabe concluir que, a la luz de la combinación de D01 con D02, la invención reivindicada en 1 no satisface el requisito de actividad inventiva, tal y como este se define en el artículo 8 de la Ley de Patentes de 1986.

Reivindicaciones 2 a 8

El objeto de la reivindicación 2 está incluido en D01 (figuras 1, 5). También de forma implícita en D02 lo estaría el objeto de 3, ya que (párrafo 33) la homografía se define mediante una matriz de 3*3, correspondiente a un escenario en tres dimensiones, como se ilustra en D03 (página 4, apartado 2.2).

La orientación reivindicada en 4 está incluida en D01 (figuras 1, 5), lo mismo que los criterios de dimensionamiento reivindicados (páginas 11, 13).

El objeto de la reivindicación 5 constituye una técnica que es parte del conocimiento común, que se encuentra recogida en D02 (párrafo 24), así como en D03 (página 4, apartado 2.2).

El objeto de la reivindicación 6 está recogido en D01 (página 4), lo mismo que el de la reivindicación 7 (páginas 4-5), y de la 8 (página 5).

En consecuencia, de las consideraciones anteriores y una vez tenidas en cuenta las correspondientes relaciones de dependencia, cabe concluir que, a la luz de la combinación de D01 con D02, las invenciones reivindicadas en 2 a 8 no satisfacen el requisito de actividad inventiva, tal y como este se define en el artículo 8 de la Ley de Patentes de 1986.